

# mišljenja i komentari

## Znanstvena izvrsnost i kompetitivnost

Z. Maksić i R. Vianello

Zavod za organsku kemiju i biokemiju, Institut "Ruđer Bošković", Bijenička 54, Zagreb  
(zmaksic@spider.irb.hr; vianello@irb.hr)

Hrvatska je s punim pravom odlučila postati zemljom znanja. To je bila jedna od najvažnijih strateških odluka donesenih zadnjih godina, jer znanje nije samo pretpostavka kulturnog identiteta nekog naroda i njegovog opstanka nego i osnova njegovog gospodarskog napretka i društvenog blagostanja. Temeljne (prirodne) znanosti imaju u tome posebno važnu ulogu jer zauzimaju središnje mjesto u trijadi:

visoko obrazovanje ↔ temeljne (prirodne) znanosti ↔ primjena

Pri tome pod primjenom znanosti podrazumijevamo prema L. Pasteuru tehniku, tehnologiju i inovacije, bez kojih nema razvoja novih proizvoda. Spomenute tri sastavnice međusobno su čvrsto povezane povratnim relacijama. One su stvorile visoku civilizaciju 20. stoljeća i značajno poboljšale kvalitetu života, što je u industrijski razvijenim zemljama dovelo do respektabilnog životnog standarda. Ova naizgled idilična slika rezultat je žestoke konkurencije na svjetskoj pozornici, ne samo na tržištu već i u znanstvenim istraživanjima i njihovoj primjeni. Možemo bez pretjerivanja i bez oklijevanja kazati da će se ta utakmica još intenzivnije nastaviti u 21. stoljeću. U njoj će sudjelovati ne samo pojedine zemlje već i čitavi kontinenti (Sjeverna Amerika, Europa, Azija). Vrlo je znakovito da se vodeća zemlja u znanosti i tehnologiji Sjedinjene Američke Države vrlo ozbiljno pripremaju za izazove što ih donosi bliska budućnost, očigledno slijedeći pravilo da treba brzo trčati kako bi se ostalo na (prvom) mjestu. Dokaz tome je zakon "Sowing the Seeds Through Science and Engineering Research Act", koji je američki Kongres izglasao 24. 4. 2007. godine. U njemu se predviđa pojačano financiranje temeljnih istraživanja u prirodnim znanostima i matematici te potiče National Science Foundation da podržava istraživanja koja vode do inovacija. To ne iznenađuje, jer se u Aziji pored Japana dižu novi znanstveno-tehnološki i ekonomski divovi, kao što su to Kina i Indija, da ne spominjemo manje "tigrove". Europska Unija na to odgovara raznim svojim multinacionalnim znanstvenim programima, primjerice FP7 (Bruxelles) te EUROCORES, ESF Research Networking Programmes i COST (Strasbourg), nastojeći osnažiti međunarodnu suradnju, a time i sinergiju u znanstvenim istraživanjima i tehnologiji europskih zemalja. Potpuno je, naime, jasno da upravo znanstvena otkrića otvaraju vrata novim generičkim tehnologijama, koje stvaraju nove gospodarske grane, čime osiguravaju konkurentnost uz visoki životni standard. Zbog svega iznesenog slijedi da moramo u što kraćem roku poboljšati kvalitetu naše znanosti i povećati njezinu konkurentnost. Pri tome moramo uvažiti najvažniji opće prihvaćeni kriterij, koji možemo nazvati i aksiomom: **znanost neke zemlje onoliko je jaka, koliko je snažna njezina elita, pri čemu izraz elita spominjemo u najboljem smislu te riječi**. Nažalost, mi još uvijek nemamo sistem vrijednosti u znanosti, što je preduvjet za stvaranje elite. Nemamo čvrsto definirane i prihvaćene kriterije, koji bi nam omogućili razlikovanje vrlo dobrih istraživanja od onih prosječnih. Vrlo loša istraživanja mogu se lako prepoznati, ali se o njima obično šuti, kao da je o njima nepristojno govoriti. "Glasovita" hrvatska šutnja postoji i u znanosti. Nema ništa štetnije od takvog ponašanja. To je, slikovito rečeno, mlinski kamen obješen o našu znanost, koji onemogućava njezin razvitak pored tradicio-

nalne podfinanciranosti znanstvenog rada. Nepostojanje vrijednosnog sustava nije slučajno, jer velikom broju naših znanstvenika bez pokrića ne odgovaraju pokazatelji kvalitete znanstvenog rada. Zato im se uporno, tvrdokorno i nažalost uspješno opiru. Samo napominjemo da je nominalni broj naših znanstvenika 14 000, ali je stvarni broj znatno manji. Međutim, **kriteriji izvrsnosti i njihova implementacija najvažniji su zadatak znanstvene strategije**. Bez njih nema napretka, jer su upravo znanstvena otkrića generatori novih (visokih) tehnologija. A otkrića su rezultat kvalitetnih i u pravilu dugotrajnih kontinuiranih istraživanja, koja pripremaju teren za veliki iskorak.

Imajući to na umu, predložili smo zbroj faktora utjecaja časopisa u kojima su radovi objavljeni kao kriterij određivanja uspješnosti i kvalitete znanstvenih istraživanja za određeni vremenski period. Primjenili smo taj kriterij na deset najuspješnijih starijih znanstvenika u poljima fizike, kemije i biologije kao i na pet vodećih mladih znanstvenika u istim poljima za protekli projektni period.<sup>1</sup> Cilj te analize bio je dvojak: (1) ustanoviti što su bili dometi naših znanstvenika u razdoblju 2002.–2006. u najvećem dijelu naših prirodnih znanosti kao i uspostaviti određene standarde na temelju tih rezultata i (2) usporediti, uvjetno rečeno, dobivene rangliste s poretkom novih projekata, koje je odobrio i objavio MZOŠ početkom 2007. godine. Nismo pri tome očekivali aplauz, jer većini naših znanstvenika ne odgovaraju nikakvi kriteriji, a nekmo li kriteriji izvrsnosti. Svjesni smo da nam to nije poboljšalo položaj na ljestvici popularnosti. Zaista, bilo je nekoliko reakcija u ovom časopisu, koje su bile ne samo ispod akademske razine već su sadržavale i frivolna podmetanja, da bi u jednom trenutku iskočile izvan okvira zdravog razuma. Mi se time nećemo baviti, uz napomenu da je na uredništvu časopisa brinuti se o njegovom ugledu, ali i o zaštiti integriteta i digniteta autora, koji su odlučili u njemu objavljivati svoje članke. Zadržat ćemo se samo na znanstvenom aspektu i meritumu ovog izuzetno važnog problema.

Pažnju zavređuju dva doprinosa ovoj temi, I. Čatića<sup>2</sup> i N. Trinajstića,<sup>3</sup> jer su relevantni za daljnju raspravu. I. Čatić smatra da postoje dvije znanosti: evolucijska (E) i revolucionarna (R) znanost. E-znanost je kontinuirani rad na problematici, dok R-znanost znači revolucionarno otkriće, koje abruptno mijenja stanje u tom dijelu znanosti otvarajući nove pravce istraživanja. R-znanstvenici mogu se lako prepoznati, dok su, prema I. Čatiću, svi ostali samo E-znanstvenici, bez obzira na broj radova i citata.<sup>2</sup> Niti jedna od tih tvrdnji nije točna. Prije svega, postoje samo temeljne znanosti i njihove primjene (L. Pasteur), kao što je to već prethodno bilo spomenuto. One se, usporedbeno rečeno, odnose kao stablo voćke i njezini plodovi. Do revolucionarnih otkrića dolazi se nakon dovoljnih priprema, a tada velik i dobro pripremljen um napravi značajan iskorak (singularitet) u načinu razmišljanja. Izuzetno je važno da ta nova ideja ili eksperimentalni rezultat izdrži kritiku dodatnih istraživanja. Konačno, E-znanstvenici (po Čatićevoj klasifikaciji) nisu primjerice elektroni, da bi svi bili identični. Znanost je izrazito elitistička djelatnost, pa postoji ogroman raspon od vrlo dobrih do izrazito loših znanstvenika s čitavom paletom ostalih između te dvije krajnosti. Egalitaristički stav da su svi jednaki, osim

velikih pronalazača, nije samo činjenično pogrešan nego vodi direktno u uranilovku financiranja, što je smrtna osuda znanstvenog razvitka. Što se tiče R-znanstvenika, situacija kod nas je zabrinjavajuća. Postoji prava inflacija pseudo-R-znanstvenika. Sve više naših znanstvenika iz tuzemstva i inozemstva kontaktira novinare i informira ih o senzacionalnom radu, koji je upravo prihvaćen za publiciranje u vrhunskom časopisu u svijetu, a sve se ponavlja kada rad u časopisu bude zaista tiskan. Ponekad se radi o pravoj bahatosti. A novinari to jedva dočekaju i senzacionalistički objavljuju u novinama, na televiziji, pa čak i u udarnim vjestima u glavnom dnevniku prvog programa HRT-a. Pri tome se kao argumenti koriste tvrdnje i obrazloženja “da bi ovo otkriće možda moglo biti korisno”, primjerice u borbi protiv raka, njegovoj dijagnostici, razvoju cjepiva, pa sve do otkrića revolucionarnih lijekova, koji nisu nigdje registrirani, razvoju strojeva na molekularnoj razini, koji još nisu napravljeni itd. Na naslovnica se pojavljuju epohalna otkrića naših znanstvenika, nove Tesle, novi kandidati za Nobelovu nagradu ... U svemu tome ima dosta novinskog “žutila” i sve veći broj onih koji to zloupotrebljavaju. Sintagma da bi nešto “možda moglo biti”, ne znači u znanosti ništa, sve dok se to nešto definitivno ne dokaže dodatnim istraživanjima istih autora, a posebice drugih znanstvenika na potpuno neovisan način. U znanosti su poznate grandiozne zablude i/ili prevare, koje su se takvima pokazale nakon niza godina, kao što su to primjerice bile poli-voda, hladna fuzija i vrlo topla supravodljivost na sobnoj temperaturi, a po svemu sudeći istu sudbinu očekuje i pentakvark. Na kraju, istaknimo da svaki rad objavljen u vodećem znanstvenom časopisu zaslužuje čestitku, jer je prošao rigorozni recenzentski postupak, ali to istodobno ne znači da se radi o otkriću. Za to će još trebati vremena i mnogobrojne potvrde. Kao što je dobro rekao Spiridion Brusina: “Znanost ne napreduje “bahato”, nego lagano i oprezno”. Za početak bilo bi dobro da usvojimo svjetske kriterije i kodeks ponašanja u znanosti te odgovornost za izgovorenu i napisanu riječ u medijima.

Drugi interesantan članak bio je onaj N. Trinajstića, koji je istakao važnost H-faktora. Taj faktor uveo je J. E. Hirsch<sup>4</sup> kao mjerilo izvrsnosti i primijenio ga na dobitnike Nobelove nagrade iz fizike. Definiran je kao broj radova koji nemaju manje citata od broja H. Dakle, neki autor ima H-indeks ako ima H radova, koji imaju H citata ili još više citata od tog broja. Ako kao N označimo ukupni broj objavljenih radova, a  $N_C$  kao ukupni broj citata, onda je  $N_C \geq (H)^2$ , pa ćemo tu razliku označiti kao  $\Delta_H = N_C - (H)^2$ . Ovu zadnju veličinu možemo uvjetno označiti pogreškom H-indeksa. Ta pogreška ima dva pribrojnika:  $\Delta_H(a)$  odnosi se na sve citate iznad broja H, dok su  $\Delta_H(b)$  citati onih radova čija je frekvencija citiranja  $\leq H$ , pa nisu ušli u podskup, koji definira indeks (H). Ovdje treba radi jasnoće spomenuti da neki autor može imati  $(H + h)$  radova s H citata. Pri tome h može biti i velik broj. Unatoč tome, indeks je i dalje (H), jer da bi se indeks popeo stepenicu više na  $(H + 1)$ , potrebno je imati  $(H + 1)$  rad s  $(H + 1)$  citat (ili više od toga). Citati pod  $\Delta_H(a)$  pokazuju da su odgovarajući radovi vjerojatno bolji od kvalitete koju sugerira indeks (H). S druge strane, izostavljeni citati pod  $\Delta_H(b)$  odnose se na radove čija je kvaliteta vjerojatno niža od indeksa (H). To bi značilo da je  $\Delta_H(a)$  dodana vrijednost na kvalitetu, koju odražava indeks (H), dok bi  $\Delta_H(b)$  bio dodatak kvantiteti citata. Hirsch je pronašao empirijsku relaciju po kojoj je ukupni broj citata jednak:

$$N_C = \omega \cdot (H)^2 \quad (1)$$

pri čemu je konstanta  $3 \leq \omega \leq 5$ . Drugim riječima, broj zanemarenih citata je  $\Delta_H = (\omega - 1) \cdot (H)^2$ . Prema našim gledištima, bilo bi korisno razčlaniti  $\Delta_H$  na pribrojnike  $\Delta_H = \Delta_H(a) + \Delta_H(b)$ . Bez obzira na to što je (H) indeks vrlo približan pokazatelj znanstvenog opusa pojedinog autora i njegove kvalitete, činjenica je da nobelovci iz fizike imaju vrlo visoke H-vrijednosti.<sup>4</sup> Citiramo: A. J. Heeger (H) = 107, M. L. Cohen (H) = 94, A. C. Gossard (H) = 94, P. W. Anderson (H) = 91, S. Weinberg (H) = 88 itd. To primjerice znači da S. Weinberg može imati niz radova s citatima u rasponu 80–88, ali mu to neće donijeti veći (H) faktor od 88. No njemu to ni ne treba. Kao kuriozum navodimo da su Csajbok i suradnici<sup>5</sup> napravili analizu (H) faktora za četrdesetak zemalja uzevši u obzir 20 znan-

stvenih disciplina. Hrvatska je zauzela 34. mjesto prema kumulativnom (H)-indeksu. U kemiji Hrvatska je na 35. mjestu, a iza nas su samo Letonija, Litva i Cipar. Kritiku primijenjene metodologije ostavit ćemo za neku drugu prigodu.

S obzirom na interes koji je pobudio (H) indeks u svijetu, kao i na dostupnost svih citata od 1995. godine naovamo u bazi podataka WoS (Web of Science), odlučili smo pronaći te parametre za 10 prvoplasiranih starijih znanstvenika u fizici, kemiji i biologiji prema rezultatima prezentiranim u prijašnjoj analizi.<sup>1</sup> Također smo modificirali faktore utjecaja časopisa i njihove sume, jer su se u međuvremenu pojavili oni za 2003. i 2005. godinu. Dok smo u prethodnoj studiji koristili faktore utjecaja za 2004. godinu za sve radove objavljene u razdoblju 2002.–2006. godine, sada je svaki rad objavljen u određenoj godini dobio faktor utjecaja časopisa za tu godinu. Za 2002. godinu kao i za 2006. godinu bili smo prisiljeni napraviti ekstrapolacije faktora utjecaja iz 2003. godine odnosno 2005. godine. Druga razlika je u tome što se u bazi CROSBi za projekte iz prethodnog projektnog razdoblja nalaze svi radovi koji su objavljeni do zaključno 31. 12. 2006. godine. Prije rasprave o rezultatima, važno je navesti neke tehničke detalje. Da bi se dobio ukupni broj citata od 1955. godine do danas, potrebno je u pretraživač unijeti prezime i prvi inicijal autora te nakon toga znak \*. Tada će programski paket izbaciti sve citate, koji se odnose na to prezime, bez obzira da li su u citatu navedena oba inicijala ili samo prvi. Moramo, međutim, konstatirati da su naša slavenska imena nažalost često deformirana u anglosaksonskoj literaturi, zbog naših posebnih znakova. Takvi citati su nažalost u pravilu izgubljeni. Da bismo dokazali ovu tvrdnju, jedan od koautora članka stavio je u input “Maksie Z” i dobio kao rezultat jedan rad s 30 citata, a da taj rad i ti citati nisu spomenuti pod pravim prezimenom. Korekcije za takve pogreške nismo radili, jer je teško zamisliti sve mogućnosti pogrešnog pisanja naših prezimena. Međutim, kod znanstvenika s dva prezimena potrebno je pretražiti bazu podataka odvojeno s crticom između prezimena (hyphen), bez crtice kao i na način da oba prezimena tvore jednu riječ bez razmaka. U suprotnom se dobivaju ogromne pogreške, zbog razlike u tretiranju autora s dva obiteljska prezimena u raznim časopisima. Naime, računalo će u pretraživanju citata jednog te istog znanstvenika s imenom i prezimenima U., V.-W. ili U., V.W., “prepoznati” kao dvije različite osobe. Zatim, kod čestih imena i prezimena pojavljuje se problem znanstvenih dvojnika. Pokušali smo sve da se takve pogreške izbjegniju i da se citati pripišu znanstvenicima koji su zaista predmetom analize. Treba također naglasiti da WoS, pored CC-radova, pod brojem pogodaka (“hits”) pribraja i ostale članke koji se pojavljuju u CC-časopisima, kao što su to predgovori, nekrolozi, recenzije knjiga i slično, što nema veze sa znanstvenim člancima. Zbog toga je ukupni broj “pogodaka” veći od stvarnog broja CC-radova. To znači da prosječni broj citata po objavljenom radu nije vjerodostojan podatak za prosjek citiranja CC znanstvenih radova.

Rezultati analize dani su u tablici 1. Redoslijed u tablici određen je prema zbroju faktora utjecaja časopisa u kojima su radovi objavljeni. Zanimljivo je primijetiti da se redoslijed samo neznatno promijenio u odnosu na prethodnu analizu,<sup>1</sup> što pokazuje da je zbroj faktora utjecaja robustan indeks, koji odražava kvantitetu i kvalitetu znanstvenog rada. Drugi važan zaključak jest da se među 10 najuspješnijih znanstvenika u odgovarajućim poljima nalazi šest fizičara, osam kemičara i sedam biologa s Instituta “Ruđer Bošković”. Ukoliko nekoga baš zanima tko je znanstvenik X. Y., to može pronaći u prethodnom članku.<sup>1</sup> Naravno, to ne znači da bi “Ruđer Bošković” dominirao kada bismo uzeli u obzir tridesetak ili više najboljih znanstvenika u pojedinim strukturama. Takva ekstrapolacija bila bi nedopustiva, što ukazuje na potrebu daljnjih analiza, koje bi trebali napraviti naši scientometričari. Ostaje, međutim, činjenica da među prvih desetak naših najuspješnijih istraživača u razdoblju 2002.–2006. ima velik broj znanstvenika s IRB-a. Nadalje, na temelju faktora utjecaja časopisa iz molekularne biologije, odnosno iz znanosti o životu moglo bi se očekivati da biologija ima više  $\Sigma IF$  kao i više (H) faktore od fizike i kemije. Oni su, međutim, u pravilu zamjetno niži. Bilo bi najbolje da taj paradoksalan rezultat komentiraju sami molekularni biolozi. Konačno,

razmotrimo (H) faktore dane u tablici 1 u svjetlu onoga što kaže Hirsh.<sup>4</sup> Po njemu (H) = 12 je obično dovoljan da netko dobije mjesto izvanrednog profesora na američkim sveučilištima (ili tzv. tenure). Isto tako (H) vrijednost oko 18 je u pravilu dovoljno dobra da netko postane redoviti profesor. Uzevši u obzir da su uvjeti za znanstveni rad kod nas daleko slabiji od onih u S.A.D.-u, možemo provizorno zaključiti **da naši vrlo uspješni znanstvenici imaju oko tisuću citata ili više, kao i faktor (H) ≥ 18.** To bi vjerojatno bio dobar hrvatski znanstveni standard.

No i ovaj kriterij treba uzeti *cum grano salis*. Prije svega treba izdvojiti i zanemariti samocitate, kao i citate knjiga, jer oni ne znače odjek originalnih rezultata u radovima drugih znanstvenika. Zatim treba prepoznati kripto-samocitate. Postoje u znanosti interesne skupine, koje se međusobno unakrsno i ciljano citiraju kako bi svatko imao što više citata. Ako se, nadalje, radi o velikom broju radova objavljenih u časopisima niskih faktora utjecaja, onda to može dovesti do rezultata koji mogu navesti na potpuno pogrešne zaključke. To se naravno može odraziti na broj citata, kao i na (H) indeks. Proizlazi da visoke  $N_c$  i (H) vrijednosti ne moraju automatski reflektirati visoku kvalitetu i utjecaj rezultata na daljnja kvaliteta ili vrhunska istraživanja ostalih znanstvenika. Nadalje, razlika između ukupnog broja citata i (H)<sup>2</sup> citata, tj. pogreška  $\Delta_H$  može doseći čak 1000–2500 citata. Po našem mišljenju posebno je velik nedostatak (H) faktora, što zanemaruje citate iznad vrijednosti H. Zato bi trebalo posebno ocijeniti  $\Delta_H(a) = \sum_i (N_i - H)$  za sve radove čiji je broj citata  $N_i$  veći od H ( $N_i > H$ ). Konačno, citate treba dubinski obraditi, jer najvažniji su oni koji su bitno pridonijeli razvoju problematike. Posebno treba naglasiti da baza WoS ne sadrži citate koji se pojavljuju u sveučilišnim udžbenicima, monografijama i enciklopedijama. Spomenimo i to da se servisne usluge na velikim eksperimentalnim uređajima ne smiju “naplaćivati” koautorstvom. Ukoliko se neki autori “šlepaju” na radu s faktorom 100 %, dakle bez ikakvog doprinosa, onda je to problem za etička povjerenstva. Na kraju spomenimo i da treba vidjeti da li se neki autor u visoko citiranim radovima pojavljuje kao glavni istraživač, ili kao sporedni istraživač. Posebice treba odrediti doprinos pojedinog autora u radovima koji imaju pedeset, sto ili više koautora. **Sve to ukazuje da je ocjenjivanje ukupnog znanstvenog stvaralaštva izuzetno zahtjevan posao, koji moraju napraviti kompetentni stručnjaci, ako već na raspolaganju nema znanstvenih korifeja.** Ne treba ni spominjati da se citati,  $N_c$  i (H) faktori raznih polja ne mogu uspoređivati. Zadnje, ali ne najmanje važno, pri evaluaciji znanstvenog opusa treba uzeti u obzir znanstvene radove objavljene u vodećim svjetskim časopisima iz razloga i argumenata koji su dalje navedeni. Naravno, u cjelokupni opus nekog znanstvenika ulazi čitav niz drugih elemenata, koji nisu predmetom ovih analiza.

Prema našoj tezi ocjena produktivnosti i kvalitete nekog znanstvenika, projekta ili čitavog laboratorija u nekom razdoblju, kao što je to primjerice bilo recentno razdoblje 2002.–2006. godine, mogu se dobiti razmatranjem dvaju pribrojnika:

$$\Sigma IF = \Sigma_1 + \Sigma_2 \quad (1)$$

gdje je  $\Sigma_1 = \Sigma IF$  (10 %), a  $\Sigma_2 = \Sigma IF$  (90 %). Prvi pribrojnik daje zbroj faktora utjecaja radova objavljenih u prvih deset posto najboljih časopisa za određeno znanstveno polje, čime odražava kvalitetu rezultata. Preciznije rečeno  $\Sigma_1$  mjera je konkurentnosti, dok je  $\Sigma_2$  indeks produktivnosti, odnosno kvantitete znanstvenih rezultata. Drugi dio ove tvrdnje jasan je sam po sebi, dok onaj prvi treba tek dokazati. Dokaz je jednostavan. Ponajprije, njemu u prilog govori činjenica da je rang-lista prvih 10 % najboljih časopisa vrlo stabilna kroz dugi niz godina. Drugo, njihovi faktori utjecaja mijenjaju se vremenom, ali vrlo sporo i tako da rijetko koji časopis ispada s rang-liste 10 % najboljih. Nadalje, svi se ovi časopisi odlikuju vrlo strogom recenzijom i velikom selektivnošću. Primjerice, jedan od vodećih časopisa u kemiji The Journal of the American Chemical Society objavio je tijekom 2006. godine 3 200 radova, pri čemu je oko 90 % radova odbijeno, najčešće s obrazloženjem da se radi o kvalitetnom radu, ali ga treba usmjeriti u neki drugi časopis, jer ne ulazi u 10 % onih najboljih, koji se objavljuju u J. Am. Chem. Soc. Slično vrijedi i za Angewandte Che-

mie, koji je vjerojatno prvi u kemiji. Općenito se može reći da je postotak odbijenih radova u vodećim časopisima između 70 % i 90 %. Dodatan argument, koji govori u prilog relevantnosti publciranja u vrhunskim časopisima jest moderna problematika, jer se u tim časopisima ne mogu objavljivati radovi koji se bave davno prožvakanim temama, a da se o rutinskim rezultatima i ne govori. Bez obzira da li će objavljeni rad imati kasnije mnogo citata ili neće, **možemo konstatirati da je rad objavljen u najboljih 10 % časopisa u svijetu konkurentan na međunarodnoj razini, te da je njegova problematika moderna.** Ukoliko neki znanstvenik i/ili laboratorij ima velik broj takvih radova, onda možemo gotovo sa sigurnošću zaključiti da se radi o vrlo kvalitetnom znanstveniku/laboratoriju i o modernim istraživanjima.

U našoj analizi najuspješnijih znanstvenika za razdoblje 2002.–2006. dali smo jedino ukupni zbroj faktora utjecaja  $\Sigma IF$  jer se nismo upuštali u određivanje 10 % vodećih časopisa po pojedinim poljima. Zbroj  $\Sigma IF$  je kumulativni indeks, koji istodobno odražava i kvantitetu i kvalitetu. Podaci u tablici 1 pokazuju da je  $\Sigma IF$  u pravilu u suglasju s ostalim indeksima produktivnosti i utjecaja znanstvenih radova. Ukoliko se javljaju aberacije, njih treba posebno ispitati. S obzirom da  $\Sigma IF$  nije egzaktan pokazatelj, razliku od 10 poena nismo smatrali relevantnom, pa neki znanstvenici dijele mjesto na ljestvici. Moramo, međutim, imati na umu da su  $\Sigma IF$ ,  $\Sigma_1$  i  $\Sigma_2$  indeksi, koji se odnose na kraće recentno razdoblje. S druge strane, ukupni broj citata i (H) faktor odražavaju ukupni utjecaj svih objavljenih radova za dugačko razdoblje (točnije rečeno od 1955. godine do 31. prosinca 2007.) S naše točke gledišta **kvaliteta ukupnog opusa nekog znanstvenika mogla bi se mjeriti brojem radova u vodećih 10 % časopisa objavljenih unutar dosadašnje znanstvene karijere, u odgovarajućem znanstvenom polju, te brojem njihovih citata.** Samo objavljivanje u tim časopisima znači da su radovi bili: (1) konkurentni na svjetskoj razini, (2) da su tematike bile relevantne i moderne i (3) taj kriterij vrijedi za sva polja podjednako, za razliku od (H) indeksa, kao i broja citata. Broj neovisnih citata nakon dovoljnog broja godina i njihova kvalitativna analiza mjera je utjecaja na istraživanja u svijetu. Sve ostalo je kvantiteta uz važnu napomenu: može se desiti da se izuzetno važan rad objavi u nisko utjecajnom časopisu. Takav rad dobit će velik broj neovisnih citata, koje treba uzeti u obzir kao iznimku, što potvrđuje pravilo. Ne treba posebno spominjati da je broj patentata koji su stavljeni u funkciju također izuzetno važan.

Jedan od najvažnijih zaključaka ove analize jest da usporedba s objavljenim rang-listama novoodobrenih projekata MZOŠ-a pokazuje da su prvih 10 znanstvenika u tablici 1 za polja fizike, kemije i biologije plasirani u pravilu na prvih 15-tak mjesta kao voditelji novih projekata. To znači da su kriteriji izvrsnosti bili primijenjeni pri prosudbi prijedloga novih projekata u ova tri prirodoslovnostvena polja te da MZOŠ nije znatno intervenirao kod određivanja konačnih rang-lista. To je ohrabrujuće, jer je to po prvi put u povijesti naših znanosti da su prosudbene skupine, barem u ova tri polja, radile profesionalno i prema svjetskim kriterijima. Ovaj revolucionarni iskorak morao bi se pretvoriti u tradiciju, kolikogod se prosječni znanstvenici zbog toga bunili u kuloarima i medijima. **Kriteriji izvrsnosti i ljestvica vrijednosti u znanosti moraju postati opće prihvaćeno znanstveno, kulturno i društveno dobro.** Bez toga će naša djeca i unuci biti osuđeni na slabo plaćene poslove, recimo konobara i sobarica, da ne nabrajamo dalje. **I zato se svatko tko želi dobro svojoj struci, ali i bolju budućnost novim generacijama, mora založiti za primjenu kriterija izvrsnosti.** Zbog toga ovaj članak ima karakter svojevrsnog apela. Nadamo se da će se na apel odazvati naši vodeći znanstvenici, jer na njima leži posebna odgovornost.

Na kraju, **željeli bismo još jednom posebno naglasiti da se kvaliteta znanstvenog rada ne može egzaktano kvantificirati.** To naglašavamo zato jer će se sigurno javiti neki matematičari koji će dokazati teorem o nepostojanju egzaktnog rješenja. Nitko ne tvrdi da postoje egzaktne kriterije izvrsnosti. Međutim, sasvim sigurno postoje dovoljno dobri kriteriji, kao što je to opisano u ovom članku. Naravno, svako polje ima svoje specifičnosti, koje se mogu i trebaju uzeti u obzir. Čak i unutar istog polja ima znatnih razlika, primjerice između teorijskog istraživanja i eksperimentalnog rada. I konačno, **zadnju riječ u evaluaciji mora uvijek imati “peer re-**



T a b l i c a 1 – Broj CC-radova i suma faktora utjecaja IF dani su za razdoblje 2002.–2006. Citati i (H) indeks odnose se na ukupni znanstveni output.\*

F I Z I K A							
R. br.	Ime i prezime (institucija)	Broj CC	$\Sigma$ IF	Citati	(H) indeks	$\omega$	$\Delta_H$
1.	Dario Vretenar (PMF, Zagreb)	39	114,3	2158	28	2,75	1372
2.–3.	Bojan Vršnak (Geodetski f., Zagreb)	28	96,2	839	17	2,90	549
	Krešo Kadija (IRB)	32	94,5	3306	31	3,44	2345
4.–6.	Ivan Supek, mlađi (IRB)	22	84,1	367	11	3,03	246
	Stjepan Meljanec (IRB)	24	82,0	498	12	3,46	354
	Mirko Planinić (PMF, Zagreb)	15	79,3	1866	22	3,86	1384
7.–10.	Katica Biljaković (IFS, Zagreb)	26	68,9	894	18	2,76	570
	Ante Ljubičić (IRB)	18	61,1	1270	18	3,91	943
	Raul Horvat (IRB)	11	59,7	207	9	2,56	126
	Josip Trampetić (IRB)	14	58,8	1977	26	2,92	1298
K E M I J A							
R. br.	Ime i prezime (institucija)	Broj CC	$\Sigma$ IF	Citati	(H) indeks	$\omega$	$\Delta_H$
1.	X. Y. (IRB)	55	154,5	3201	27	4,39	2471
2.	Mladen Žinić (IRB)	35	97,2	788	15	3,50	563
3.–5.	Biserka Kojić-Prodić (IRB)	35	67,0	1897	22	3,92	1413
	Branka Kovač (IRB)	29	63,3	767	14	3,91	570
	Mirjana Eckert-Maksić (IRB)	27	60,7	1506	21	3,41	1063
6.–8.	Svetozar Musić (IRB)	45	51,9	1770	19	4,95	1426
	Leo Klasinc (IRB)	25	46,8	2514	25	4,02	1888
	Mirjana Metikoš-Huković (FKIT, Zagreb)	28	44,0	1235	20	3,09	836
9.–10.	Boris Rakvin (IRB)	23	39,8	934	16	3,65	678
	Olga Kronja (FBF, Zagreb)	12	39,8	203	9	2,51	122
B I O L O G I J A							
R. br.	Ime i prezime (institucija)	Broj CC	$\Sigma$ IF	Citati	(H) indeks	$\omega$	$\Delta_H$
1.–2.	Mirjana Petranović (IRB)	10	62,7	229	8	3,58	165
	Igor Weber (IRB)	12	56,1	48	5	1,92	23
3.	Miroslav Plohl (IRB)	14	49,7	558	15	2,48	333
4.–10.	Zlatko Šatović (Agronomski f., Zagreb)	27	37,7	218	9	2,69	137
	Ivana Weigand-Đurašević (PMF, Zagreb)	11	37,7	448	12	3,11	304
	Vera Gamulin* (IRB)	15	37,0	1194	21	2,71	754
	Đurđica Ugarković (IRB)	10	36,6	973	20	2,43	572
	Aleksandra Fučić (IMI)	13	32,2	405	11	3,35	284
	Duška Vujaklija (IRB)	6	31,0	184	8	2,88	120
	Maja Osmak (IRB)	14	28,9	605	13	3,58	436

\* Omjer između ukupnog broja citata i  $(H)^2$  označen je s  $\omega = N_C / (H)^2$ .  $\Delta_H$  daje pogrešku u broju citata za dani (H) indeks:  $\Delta_H = (\omega - 1) \cdot (H)^2$ . Redni broj označen je kao r. br.

viewing". No, primjena kriterija izvrsnosti onemogućit će da neko prosudbeno povjerenstvo da prednost kandidatu s niskim vrijednostima indeksa izvrsnosti u odnosu na drugog čiji indeksi su daleko bolji. Zbog toga je primjena kriterija izvrsnosti posebno važna u malim znanstvenim sredinama.

#### ZAHVALA

Zahvaljujemo dr. sc. Borislavu Kovačeviću za dio prikupljenih podataka iz baze WoS, te akademiku Borisu Kamenaru na kritičkom čitanju rukopisa i korisnim prijedlozima.

#### Literatura:

1. Z. Maksić, R. Vianello, B. Kovačević, *Kem. Ind.* **56** (2007) 227.
2. I. Čatić, *Kem. Ind.* **56** (2007) 417.
3. N. Trinajstić, *Kem. Ind.* **56** (2007) 61.
4. J. E. Hirsch, *Proc. Nat. Acad. Sci.* **102** (2005) 16569.
5. E. Csajbok, A. Berhidi, L. Vasas, A. Schubert, *Scientometrics* **73** (2007) 91.